

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 2001年 9月10日
Date of Application:

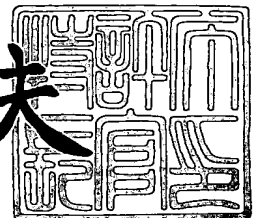
出願番号 特願2001-273078
Application Number:
[ST. 10/C]: [JP 2001-273078]

出願人 株式会社荏原製作所
Applicant(s):

2004年 1月16日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井康夫



出証番号 出証特2004-3000355

【書類名】 特許願

【整理番号】 010786

【提出日】 平成13年 9月10日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G01N

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 荏原マイスター株式
会社内

【氏名】 中筋 護

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 株式会社荏原製作所
内

【氏名】 佐竹 徹

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 株式会社荏原製作所
内

【氏名】 渡辺 賢治

【特許出願人】

【識別番号】 000000239

【氏名又は名称】 株式会社荏原製作所

【代理人】

【識別番号】 100089705

【住所又は居所】 東京都千代田区大手町二丁目 2 番 1 号 新大手町ビル 2
0 6 区 ユアサハラ法律特許事務所

【弁理士】

【氏名又は名称】 社本 一夫

【電話番号】 03-3270-6641

【選任した代理人】

【識別番号】 100080137

【弁理士】

【氏名又は名称】 千葉 昭男

【選任した代理人】

【識別番号】 100083895

【弁理士】

【氏名又は名称】 伊藤 茂

【選任した代理人】

【識別番号】 100093713

【弁理士】

【氏名又は名称】 神田 藤博

【選任した代理人】

【識別番号】 100093805

【弁理士】

【氏名又は名称】 内田 博

【選任した代理人】

【識別番号】 100106208

【弁理士】

【氏名又は名称】 宮前 徹

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 051806

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0010958

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 電子線装置および電子線装置を用いたデバイス製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 熱電子放出カソードから放出された電子線を試料に照射し、上記試料から放出された二次電子、反射電子、あるいは、吸収電子のいずれか一つを検出するよう構成された電子光学鏡筒を有する電子線装置において、

上記熱電子放出カソードの加熱電力を変化させながら上記電子線を上記試料に照射したときの、上記検出系での信号／雑音比、あるいは雑音量の評価を行って上記熱電子放出カソードの加熱電力の値を決定することを特徴とする電子線装置。

【請求項 2】 上記熱電子放出カソードから放出された電子線から試料に一定のビーム電流を流したとき、上記信号／雑音比が所定の値を超えるか、あるいは、上記雑音量が所定の値以下になるように、上記熱電子放出カソードの加熱電力の値を決定することを特徴とする請求項 1 に記載の電子線装置。

【請求項 3】 上記熱電子放出カソードから放出された電子線から試料に一定のビーム電流を流したとき、上記信号／雑音比の加熱電力に対する増加率が所定の値以下になるか、あるいは、上記雑音量の減少率が所定の値以下になるように、上記熱電子放出カソードの加熱電力の値を決定することを特徴とする請求項 1 に記載の電子線装置。

【請求項 4】 雑音電流／ビーム電流比の評価を行うことにより、上記熱電子放出カソードの加熱電力の値を決定することを特徴とする請求項 1 に記載の電子線装置。

【請求項 5】 上記熱電子放出カソードの加熱電力を変化させたときの電子銃電流の変化が緩やかになるように、上記熱電子放出カソードの加熱電力の値を仮決定し、該仮決定後に、上記検出系での信号／雑音比、あるいは雑音量の評価に基づいて上記熱電子放出カソードの加熱電力の値を決定することを特徴とする請求項 1 に記載の電子線装置。

【請求項 6】 上記熱電子放出カソードの加熱電力と上記信号／雑音比との関係と、上記熱電子放出カソードの加熱電力と上記熱電子放出カソードの寿命と

の関係とを考慮して、上記熱電子放出カソードの加熱電力の値を決定することを特徴とする請求項 1 に記載の電子線装置。

【請求項 7】 請求項 1 乃至 6 のうちのいずれか 1 項に記載の電子線装置を用いて、

加工中又は完成品のウェーハを評価することを特徴とするデバイス製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、電子線を試料に入射させ、該試料から放出される二次電子等を、S/N 比を高くすることにより効率よく検出することができる電子線装置に関する。さらにそのような装置を用いてプロセス途中のウェーハを評価する事による歩留り向上を目指したデバイス製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

赤外線検出器に I_0 の電流が流れている場合におけるショット雑音 i_f^2 は、

$$\overline{i_f^2} = 2e \cdot I_0 \cdot \Gamma^2 \cdot \Delta f$$

で表すことができ、電子銃が温度制限条件の場合は、上記 Γ は、1.0 であり、電子銃が空間電荷制限条件の場合は、上記 Γ は、0.1 から 1.0 までの間であることが従来において知られている (R. A. Smith et al, "THE DETECTION AND MEASUREMENT OF INFRARED RADIATION" OXFORD AT THE CLARENDON PRESS 1968, P195 を参照)。

【0003】

また、真空管雑音としてのショット雑音 i_n^2 は、

$$\overline{i_n^2} = \Gamma^2 \cdot 2e \cdot I_p \cdot B_f$$

(i_n^2 = 雑音電流の 2 乗平均値、 e = 電子の電荷、 I_p = アノード直流電流
 B_f = 信号増幅器の周波数帯域)

で表すことができ、上記 Γ^2 は、カソード温度 T_k の減少関数であり、0.16～0.018の値が実測されている（電気通信学会編「通信工学ハンドブック」P.471（1957年）を参照）。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

電子線装置での信号検出に関しては、上述のような赤外線技術や電子管技術の情報が有効に利用されておらず、ショット雑音は、 $\Gamma=1$ として扱われている。そして、電子銃のカソード温度を上げるとショット雑音を減少させることができるにも拘わらず、カソード温度は、ショット雑音を考慮せずに決められている。

【0005】

本発明は、上述のような従来技術の問題点に鑑みてなされたものであり、ショット雑音を考慮してカソード温度を設定することにより、ショット雑音を減少させてS/N比を高くし、もって、試料から放出される二次電子等を効率よく検出することができる電子線装置を提供することを目的とする。また、本発明は、このような電子線装置を用いてプロセス途中のウェーハを評価する事による歩留り向上を目指したデバイス製造方法を提供することを目的とする。

【0006】

【課題を解決するための手段】

本発明は、熱電子放出カソードから放出された電子線を試料に照射し、上記試料から放出された二次電子、反射電子、あるいは、吸収電子のいずれか一つを検出系に結像するよう構成された電子光学鏡筒を有する電子線装置において、上記熱電子放出カソードの加熱電力を変化させながら上記電子線を上記試料に照射したときの、上記検出系での信号／雑音比、あるいは雑音量の評価を行って上記熱電子放出カソードの加熱電力の値を決定することを特徴とする電子線装置を提供する。

【0007】

また、上記熱電子放出カソードから放出される電子線から試料に一定のビーム電流を流したとき、上記信号／雑音比が所定の値を超えるか、あるいは、上記雑音量が所定の値以下になるように、上記熱電子放出カソードの加熱電力の値を決

定する。

【0008】

また、上記熱電子放出カソードから放出される電子線から試料に一定のビーム電流を流したとき、上記信号／雑音比の加熱電力に対する増加率が所定の値以下になるか、あるいは、上記雑音量の減少率が所定の値以下になるように、上記熱電子放出カソードの加熱電力の値を決定するとよい。

【0009】

また、雑音電流／ビーム電流比の評価を行うことにより、上記熱電子放出カソードの加熱電力の値を決定することもよい。

【0010】

また、上記熱電子放出カソードの加熱電力を変化させたときの電子銃電流の変化が緩やかになるように、上記熱電子放出カソードの加熱電力の値を粗調整し、該粗調整後に、上記検出系での信号／雑音比、あるいは雑音量の評価に基づいて上記熱電子放出カソードの加熱電力の値を決定する精密調整を行ってもよい。

【0011】

また、上記熱電子放出カソードの加熱電力と上記信号／雑音比との関係と、上記熱電子放出カソードの加熱電力と上記熱電子放出カソードの寿命との関係とを考慮して、上記熱電子放出カソードの加熱電力の値を決定してもよい。

【0012】

また、本発明は、上記電子線装置を用いて、加工中又は完成品のウェーハを評価することを特徴とするデバイス製造方法を提供する。

【0013】

【発明の実施の形態】

以下、本発明にかかる電子線装置の実施の形態について図面を参照しながら述べる。図1は、本発明に係る電子線装置の一つの実施の形態を概略的に示す図である。図1に示すように、電子線装置は、構成が同じ複数の電子光学鏡筒60（図示の例では8個）を試料12上に並設して構成されている。このうちの一つの電子光学鏡筒61は、電子銃50と、一次電子線の軸合わせを行うための軸合わせ偏向器4、5と、コンデンサレンズ6と、一次電子ビーム走査用の静電偏向器

7と、電磁偏向器9と静電偏向器10とから構成されたE×B分離器51と、対物レンズ11と、試料12から放出された二次電子、反射電子、あるいは、吸収電子のいずれか一つの検出信号を検出する検出系の検出器8とを有している。

【0014】

電子銃50は、ウェーネルト2と、熱電子放出カソード1と、アノード3とで構成され、一次電子線を放出して試料12に照射するためのものである。上記熱電子放出カソード1は、単結晶LaB₆で形成されている。電子銃50の熱電子放出カソード1から放出された一次電子線は、軸合わせ偏向器4, 5によってコンデンサレンズ6に対して軸合わせが行われ、コンデンサレンズ6によって試料12に集束される。コンデンサレンズ6によって集束された一次電子線は、対物レンズ11によって試料12に結像される。これと同時に、静電偏向器7とE×B分離器51の電磁偏向器9とで、試料12の面上を走査するように偏向される。電磁偏向器9による偏向角は、静電偏向器7の偏向角の略二倍になるように設定されているため、偏向色収差は、ほとんど生じない。

【0015】

試料12上の走査点から放出された二次電子、反射電子、あるいは、吸収電子のいずれか一つは、対物レンズ11の中央電極19に印加された正の高電圧で引かれて加速・集束され、E×B分離器51によって一次光学系から分離され、二次光学系に投入されて、検出器8に結像される。

【0016】

検出器8は、結像された二次電子、反射電子、あるいは、吸収電子のいずれか一つを検出し、その強度を表す電気信号（二次電子、反射電子、あるいは、吸収電子のいずれか一つの検出信号）として図示しない画像形成部に出力する。また、該画像形成部には、静電偏向器7及び電磁偏向器9に与えられた一次電子線を偏向させるための走査信号がさらに供給される。画像形成部は、走査信号と電気信号とから画像データを合成して、試料12の被走査面を表す画像（SEM像）を構成ないしは表示することができる。この画像データを、欠陥の存在しない試料の基準画像データと比較することにより、試料12の欠陥を検出することができる。

【0017】

また、図1に示すように、コンデンサレンズ6は、一体の絶縁材料としてのセラミックスを加工して複数の電極を形成し、その表面に選択的に金属コーティングを施すことによって形成されたレンズである。コンデンサレンズ6の複数の電極は、上部電極14、中央電極15、及び下部電極16で構成されており、コンデンサレンズ6は、リード線取付金具52を介して電圧が印加される。また、対物レンズ11も、コンデンサレンズ6と同様に、一体の絶縁材料としてのセラミックスを加工して複数の電極を形成し、その表面に選択的に金属コーティングを施すことによって形成されたレンズである。対物レンズ11の複数の電極は、上部電極18、中央電極19、及び下部電極20で構成されており、対物レンズ11は、リード線取付金具53を介して電圧が印加される。このように、加工されたコンデンサレンズ6及び対物レンズ11は、外径の小さいレンズにすることができるため、電子光学鏡筒61の外径を小さくすることができ、一枚の試料12上に数多くの電子光学鏡筒61を並設させることができる。

【0018】

次に、本発明の特徴について説明する。上記熱電子放出カソード1の加熱電力を、熱電子放出カソード1の両側に押しつけられたグラファイト（図示せず）に流す電流によって調整する。熱電子放出カソード1の加熱電力の粗調整は、従来において行われているように、熱電子放出カソード1の加熱電力を増加させたときの、電子銃50のエミッション電流の増加率が小さくなるように設定する。その後、軸合わせ偏向器4、5、及び静電偏向器7によってレンズに対する軸合わせを行い、前述のように一次電子線を試料12に照射し、静電偏向器7とE×B分離器51の電磁偏向器9とに走査電圧及び走査電流を重畳することによって、試料12の面上を走査する。そして、ベアシリコン等の平坦な試料12上をライン走査したときの二次電子信号（検出信号）をCRT（陰極線管）に表示すると共に、雑音計62でショット雑音の実効値を測定する。雑音計62は、二次電子信号をバンドパスフィルターを通し、その帯域に含まれる雑音電流を整流、平滑してメータを振らせ、実効値を表示する様設計されている。

【0019】

次に、熱電子放出カソード1に一定のビーム電流を流し、熱電子放出カソード1の加熱電力を変化させながら一次電子線を試料12に照射したときの、検出器8での信号／雑音比（S／N比）、あるいは、雑音量の評価を行って熱電子放出カソード1の加熱電力の値を決定する。

【0020】

図2のグラフには、熱電子放出カソード1に一定のビーム電流を流し、熱電子放出カソード1の加熱電力を変化させながら一次電子線を試料12に照射したときの、検出器8での信号／雑音比（S／N比）及び雑音量の測定値を示している。図2において、符号21で示す曲線は、熱電子放出カソード1に一定のビーム電流を流したときのS／N比を表す曲線を示している。符号22で示す曲線は、熱電子放出カソード1の電力と温度との関係から推定した熱電子放出カソード1の寿命を表す曲線を示している。符号23で示す曲線は、電子銃50のエミッション電流を表す曲線を示している。符号24で示す曲線は、熱電子放出カソード1に一定のビーム電流を流したときの雑音量を表す曲線を示している。なお、熱電子放出カソード1の加熱電力の粗調整は、電子銃50の電子銃電流が飽和する領域（符号25から符号25'までの領域）で設定している。

【0021】

図2に示すグラフからわかるように、熱電子放出カソード1の加熱電力を上げると、すなわち、熱電子放出カソード1の温度を上昇させると、ショット雑音（電子数が統計的にばらつくことに起因する雑音量）が減少し、これによって、S／N比が高くなっている。従って、熱電子放出カソード1から放出される電流から一定のビーム電流を試料に流し、熱電子放出カソード1の加熱電力を変化させながら一次電子線を試料12に照射したときの、検出器8での信号／雑音比（S／N比）、あるいは、雑音量の評価を行って熱電子放出カソード1の加熱電力の値を決定することにより、ショット雑音を減少させてS／N比を高くし、もって、試料から放出される二次電子等をS／N比よく検出することができる。また、熱電子放出カソード1の温度を必要以上の高い温度にならないようにすることができるので、熱電子放出カソード1の寿命を長くすることができる。また、従来のエミッション電流が飽和する条件でカソード温度を容易に仮設定することによ

り、 S/N 比の高くなる条件を比較的短時間で設定することができ、最適のカソード加熱電流を容易に設定することができる。さらに、従来の方法で熱電子放出カソード1の加熱電力の粗調整を行い、上述した本発明の方法で熱電子放出カソード1の加熱電力の微調整を行うことにより、短時間で最適のカソード加熱条件を設定することができる。

【0022】

また、熱電子放出カソード1から放出される電子流から試料に一定のビーム電流を流したとき、 S/N 比が所定の値を超えるか、あるいは、雑音量が所定の値以下になるように、熱電子放出カソード1の加熱電力の値を決定することができる。例えば、図2において、 S/N 比が符号28で示す値を超えるように熱電子放出カソード1の加熱電力（カソードの加熱電流×カソード加熱電圧）の値を、符号29で示す値に決定する。また、雑音量が符号26で示す値以下になるように熱電子放出カソード1の加熱電力の値を、符号27で示す値に決定する。

【0023】

また、熱電子放出カソード1から放出されるビームから試料に一定のビーム電流を流したとき、 S/N 比の加熱電力に対する増加率が所定の値以下になるか、あるいは、雑音量の減少率が所定の値以下になるように、熱電子放出カソード1の加熱電力の値を決定するとよい。例えば、図2において、符号30, 31で示す、 S/N 比の加熱電力に対する増加率が、符号31で示す増加率の値以下になるように熱電子放出カソード1の加熱電力の値を、符号34で示す値に決定する。また、符号32, 33で示す雑音量の減少率が、符号33で示す減少率の値以下になるように熱電子放出カソード1の加熱電力の値を、符号35で示す値に決定する。

【0024】

また、雑音電流／ビーム電流比の評価を行うことにより、熱電子放出カソード1の加熱電力の値を決定してもよい。すなわち、雑音電流をビーム電流で正規化し、その値が一定値以下になるように、熱電子放出カソード1の加熱電力の値を決定してもよい。

【0025】

次に、図3及び図4を参照して、上記実施の形態で示した電子線装置により半導体デバイスを製造する方法の実施の形態について説明する。図3は、本発明による半導体デバイスの製造方法の一実施例を示すフローチャートである。この実施例の製造工程は以下の主工程を含んでいる。

(1) ウェーハを製造するウェーハ製造工程（又はウェーハを準備するウェーハ準備工程）（ステップ100）

(2) 露光に使用するマスクを製造するマスク製造工程（又はマスクを準備するマスク準備工程）（ステップ101）

(3) ウェーハに必要な加工処理を行うウェーハプロセッシング工程（ステップ102）

(4) ウェーハ上に形成されたチップを1個ずつ切り出し、動作可能にならしめるチップ組立工程（ステップ103）

(5) 組み立てられたチップを検査するチップ検査工程（ステップ104）

なお、上記のそれぞれの主工程は更に幾つかのサブ工程からなっている。

【0026】

これらの主工程の中で、半導体デバイスの性能に決定的な影響を及ぼすのが(3)のウェーハプロセッシング工程である。この工程では、設計された回路パターンをウェーハ上に順次積層し、メモリやMPUとして動作するチップを多数形成する。このウェーハプロセッシング工程は以下の各工程を含んでいる。

(A) 絶縁層となる誘電体薄膜や配線部、或いは電極部を形成する金属薄膜等を形成する薄膜形成工程（CVDやスパッタリング等を用いる）

(B) この薄膜層やウェーハ基板を酸化する酸化工程

(C) 薄膜層やウェーハ基板等を選択的に加工するためにマスク（レチクル）を用いてレジストパターンを形成するリソグラフィー工程

(D) レジストパターンに従って薄膜層や基板を加工するエッチング工程（例えばドライエッチング技術を用いる）

(E) イオン・不純物注入拡散工程

(F) レジスト剥離工程

(G) 加工されたウェーハを検査する工程

なお、ウェーハプロセス工程は必要な層数だけ繰り返し行い、設計通り動作する半導体デバイスを製造する。

【0027】

図4は、上記ウェーハプロセス工程の中核をなすリソグラフィー工程を示すフローチャートである。このリソグラフィー工程は以下の各工程を含む。

(a) 前段の工程で回路パターンが形成されたウェーハ上にレジストをコートするレジスト塗布工程 (ステップ200)

(b) レジストを露光する工程 (ステップ201)

(c) 露光されたレジストを現像してレジストのパターンを得る現像工程 (ステップ202)

(d) 現像されたレジストパターンを安定化するためのアニール工程 (ステップ203)

上記の半導体デバイス製造工程、ウェーハプロセス工程、リソグラフィー工程については、周知のものでありこれ以上の説明を要しないであろう。

【0028】

上記 (G) の検査工程に本発明に係る欠陥検査方法、欠陥検査装置を用いると、微細なパターンを有する半導体デバイスでも、スループット良く検査できるので、全数検査が可能となり、製品の歩留まりの向上、欠陥製品の出荷防止が可能と成る。

【0029】

【発明の効果】

本発明によれば、熱電子放出カソードから放出された電子線を試料に照射し、上記試料から放出された二次電子、反射電子、あるいは、吸収電子のいずれか一つを検出系に結像するよう構成された電子光学鏡筒において、上記熱電子放出カソードの加熱電力を変化させながら上記電子線を上記試料に照射したときの、上記検出系での信号／雑音比、あるいは雑音量の評価を行って上記熱電子放出カソードの加熱電力の値を決定するようにしたため、ショット雑音を減少させてS／N比を高くし、もって、試料から放出される二次電子等をS／N比よく検出することができる。

【図面の簡単な説明】**【図 1】**

図 1 は、本発明にかかる電子線装置の実施の形態を示す概略構成図である。

【図 2】

図 2 は、S/N 比及び雑音量の測定値を示すグラフである。

【図 3】

図 3 は、半導体デバイスの製造方法の一実施例を示すフローチャートである。

【図 4】

図 4 は、図 3 の半導体デバイスの製造方法のうちリソグラフィ工程を示すフローチャートである。

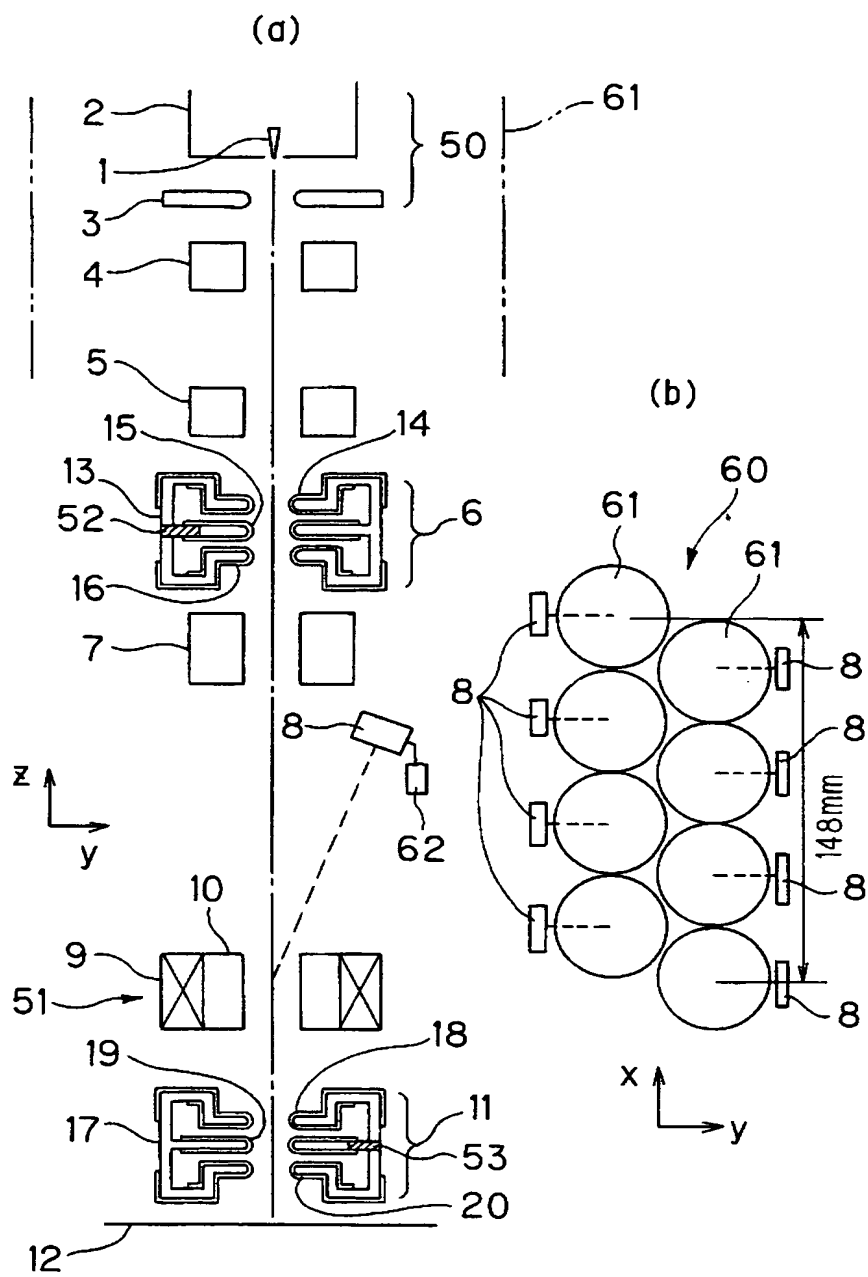
【符号の説明】

- 1 熱電子放出カソード
- 2 ウェーネルト
- 3 アノード
- 4 軸合わせ偏向器
- 5 軸合わせ偏向器
- 6 コンデンサレンズ
- 7 静電偏向器
- 8 検出器
- 9 電磁偏向器
- 10 静電偏向器
- 11 対物レンズ
- 12 試料
- 14 上部電極
- 15 中央電極
- 16 下部電極
- 18 上部電極
- 19 中央電極
- 20 下部電極

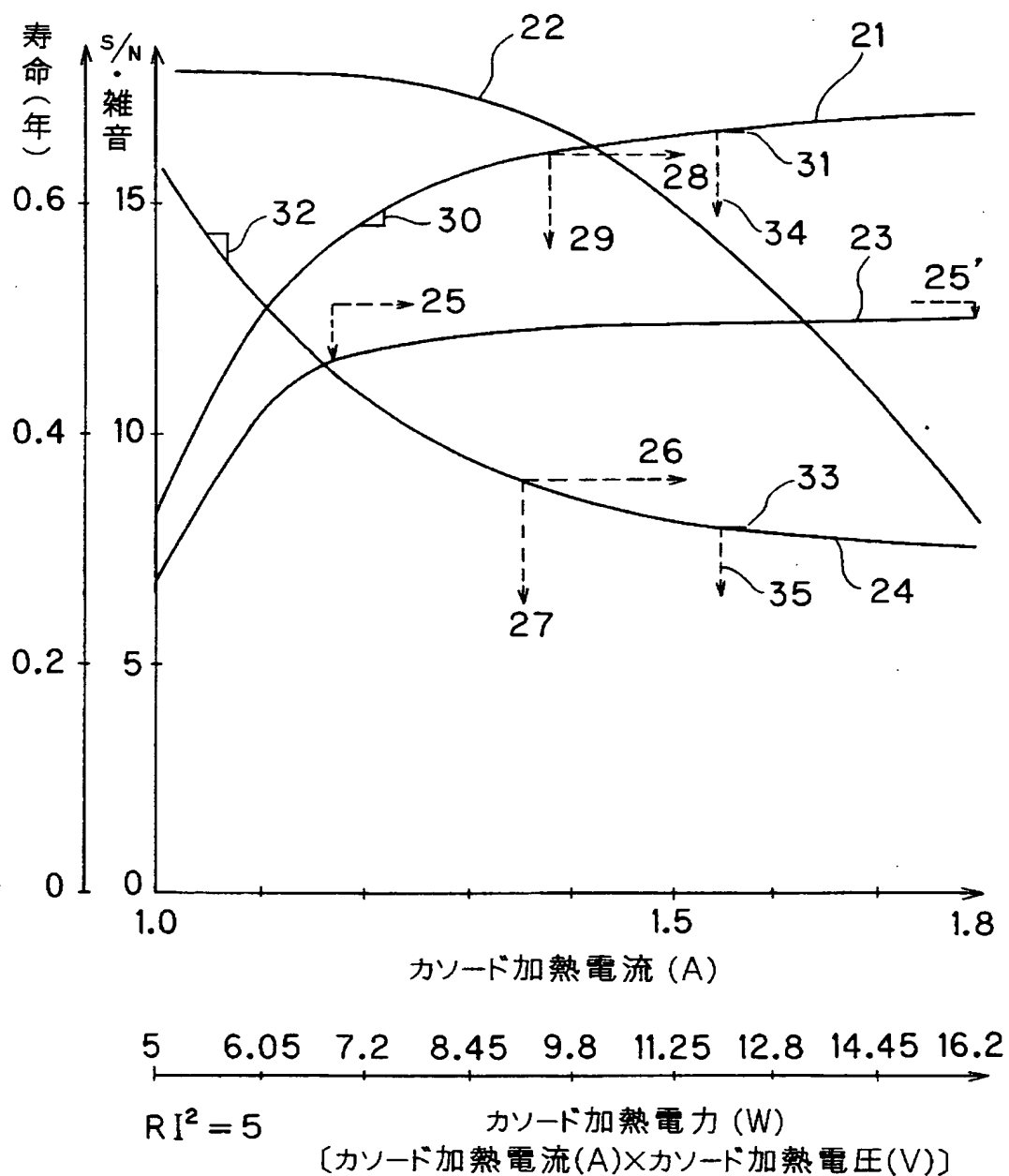
- 5 0 電子銃
- 5 1 E × B 分離器
- 5 2 リード線取付金具
- 6 0 電子光学鏡筒
- 6 1 一つの電子光学鏡筒
- 6 2 雑音計

【書類名】 図面

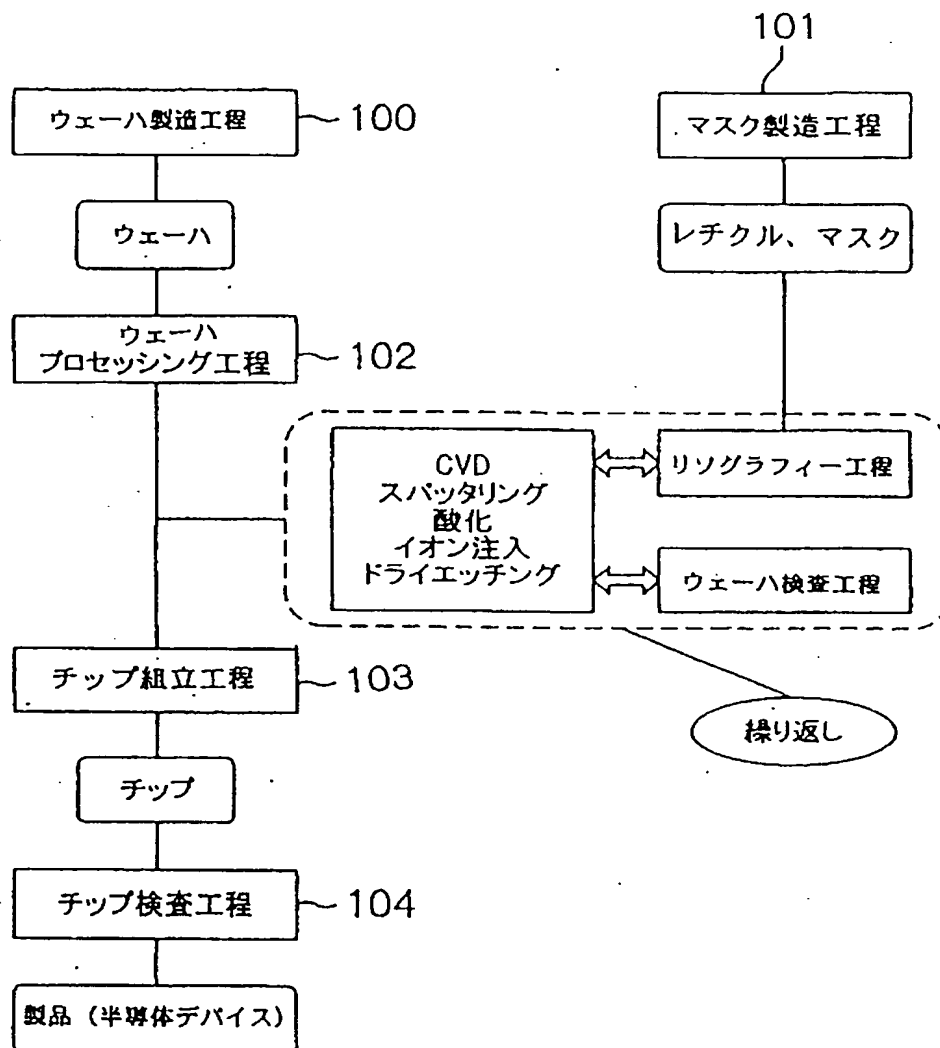
【図 1】



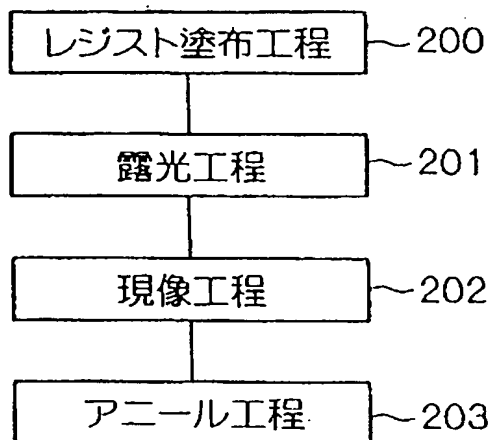
【図 2】



【図 3】



【図 4】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 ショット雑音を減少させてS/N比を高くし、もって、試料から放出される二次電子等をS/N比よく検出することができる電子線装置を得る。

【解決手段】 熱電子放出カソード1の加熱電力を変化させながら電子線を試料12に照射したときの、検出系8での信号／雑音比、あるいは雑音量の評価を行って熱電子放出カソード1の加熱電力の値を決定する。また、熱電子放出カソード1から放出される電子線から試料12に一定のビーム電流を流したとき、信号／雑音比が所定の値を超えるか、あるいは、雑音量が所定の値以下になるように、熱電子放出カソード1の加熱電力の値を決定する。

【選択図】 図1

特願 2 0 0 1 - 2 7 3 0 7 8

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [0 0 0 0 0 2 3 9]

1. 変更年月日 1 9 9 0 年 8 月 3 1 日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号

氏 名 株式会社荏原製作所